

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN  
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad  
Intelectual  
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional  
29 de Marzo de 2001 (29.03.2001)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional  
WO 01/22528 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes<sup>6</sup>: H01Q 1/36,  
5/00

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):  
FRACTUS, S.A. [ES/ES]; Gran Capitán, 2 - Despacho  
303, Edificio NEXUS, E-08034 Barcelona (ES).

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES99/00296

(72) Inventores; e

(22) Fecha de presentación internacional:  
20 de Septiembre de 1999 (20.09.1999)

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): PUENTE  
BALIARDA, Carles [ES/ES]; Gran Capitán, 2-Despacho  
303, Edificio NEXUS, E-08034 Barcelona (ES). ROMEU  
ROBERT, Jordi [ES/ES]; Crer. Manila, 47, E-08034  
Barcelona (ES). BORJA BORAU, Carmen [ES/ES];  
Tvra. de Dalt, 67, E-08024 Barcelona (ES). ANGUERA  
PROS, Jaume [ES/ES]; Psg. Blasco Ibañez, 15, E-12500

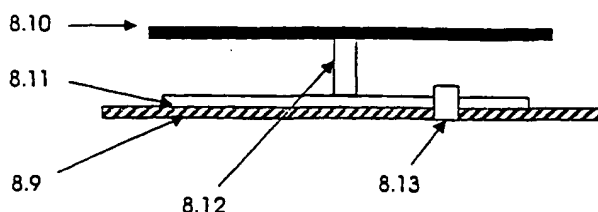
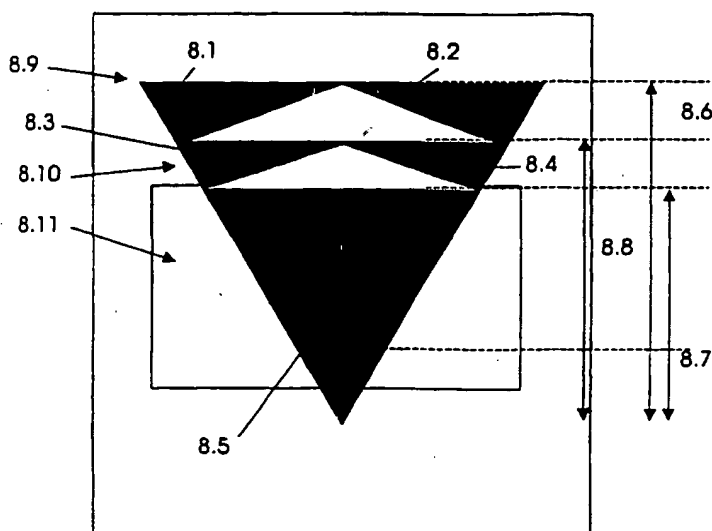
(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: MULTILEVEL ANTENNAE

(54) Título: ANTENAS MULTINIVEL



(57) Abstract: The invention relates to antennae in which the respective radiating element has at least one multilevel structure formed by a series of similar geometrical elements (polygons or polyhedrons) that are coupled electromagnetically and grouped in such a way that the each of the basic elements forming said structure can be distinguished. Said embodiment provides two important advantages: the antenna can simultaneously operate in various frequencies and/or its size can be significantly reduced. This makes it possible to achieve multiband radioelectric behavior, that is, a similar behavior at different frequency bandwidths.

(57) Resumen: Antenas en las que el elemento radiante respectivo contiene al menos una estructura multinivel formada por conjunto de elementos geométricos (polígonos o poliedros) similares acoplados electromagnéticamente y agrupados de tal manera que en la estructura de la antena se distinguen cada uno de los elementos básicos que la componen. El diseño está realizado de modo que aporta dos importantes ventajas: la antena puede operar simultáneamente en varias frecuencias y/o su tamaño

puede reducirse significativamente. De esta manera se puede conseguir un comportamiento radioeléctrico multibanda, es decir, un comportamiento similar a diferentes bandas de frecuencia.

WO 01/22528 A1



Vinarós (ES). SOLER CASTANY, Jordi [ES/ES]; C  
Fray Luis de Leon. 21, E-08302 Mataró (ES).

(74) Mandatario: CARPINTERO LOPEZ, Francisco; Her-  
rero & Asociados, S.L., Alcalá, 35, E-28014 Madrid (ES).

(81) Estados designados (*nacional*): AE, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN,  
IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,  
MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US,  
UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Estados designados (*regional*): patente ARIPO (GH,  
GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), patente  
euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
patente europea (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,  
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), patente OAPI (BF,  
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

**Publicada:**

— *Con informe de búsqueda internacional.*

*Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección  
"Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al  
principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.*

ANTENAS MULTINIVELD E S C R I P C I Ó N

## 5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a antenas formadas por un conjunto de elementos geométricos (polígonos, poliedros) similares acoplados electromagnéticamente y agrupados de tal manera que en la estructura de la antena se distinguen cada uno de los elementos básicos que la componen.

De manera más concreta, se refiere a un diseño geométrico particular de dichas antenas mediante el que se aportan dos ventajas fundamentales: la antena puede operar simultáneamente en varias frecuencias y/o su tamaño puede reducirse significativamente.

La presente invención tiene su aplicación principalmente dentro del campo de las telecomunicaciones y más concretamente en los sistemas de radiocomunicación.

## ANTECEDENTES Y SUMARIO DE LA INVENCION

25

Las antenas empezaron a desarrollarse a finales del siglo pasado a partir de que James C. Maxwell en 1864 postulara las leyes fundamentales del electromagnetismo. Debe atribuirse a Heinrich Hertz en 1886 el invento de la primera antena con la que demostraba la transmisión en el aire de las ondas electromagnéticas. A mediados de los años cuarenta se demostraron las restricciones fundamentales de las antenas en cuanto a su reducción de tamaño relativo a la longitud de onda y a principios de los años sesenta aparecieron las primeras antenas

- 2 -

independientes de la frecuencia. Se propusieron por aquel entonces hélices, espirales, agrupaciones logoperiódicas, conos y estructuras definidas exclusivamente por ángulos para la realización de antenas de banda ancha.

5

En 1995 se introdujeron las antenas de tipo fractal o multifractal (Patente n° 9501019), las cuales por su geometría presentaban un comportamiento multifrecuencia y, en determinados casos, un tamaño reducido. Posteriormente se introdujeron las antenas multitriangulares (Patente n° 9800954) que operaban simultáneamente en las bandas de GSM 900 y GSM 1800.

15 Las antenas descritas en la presente patente tienen su origen en las antenas de tipo fractal y multitriangular, aunque solventan varios problemas de tipo práctico que limitan el comportamiento de dichas antenas y reducen su aplicabilidad en entornos reales.

20 Desde el punto de vista científico, las antenas estrictamente fractales son irrealizables puesto que los objetos fractales son una abstracción matemática que incluye un número infinito de elementos; si bien es posible generar antenas cuya forma esté basada en tales objetos fractales incorporando un número finito de iteraciones, las prestaciones de dichas antenas están limitadas a la geometría particular de la antena. Por ejemplo, la posición de las bandas y su espaciado relativo está ligado a la geometría fractal, y no siempre es factible, viable o económico diseñar la antena manteniendo su apariencia fractal y posicionando al mismo tiempo las bandas en su lugar adecuado del espectro radioeléctrico. Sin ir más lejos, el efecto de truncamiento supone un claro ejemplo de la limitación que supone utilizar una antena de tipo fractal real que intente aproximar el

25  
30  
35

- 3 -

comportamiento teórico de la antena fractal ideal. Dicho efecto rompe el comportamiento de la estructura fractal ideal en la banda inferior, desplazándola respecto a su posición teórica relativa a las demás bandas y haciendo, en definitiva, que la antena deba presentar un tamaño desmesurado que dificulta su aplicación práctica.

Además de dichos problemas de tipo práctico, no siempre es posible modificar la estructura fractal para presentar el nivel de impedancia o el diagrama de radiación que se adecuen a las necesidades de cada aplicación. Por todos estos motivos, a menudo es necesario apartarse de la geometría fractal y recurrir a otro tipo de geometrías que ofrecen una mayor flexibilidad y versatilidad en cuanto a posición de las bandas frecuenciales de la antena, niveles de adaptación e impedancias, polarización y diagramas de radiación

Las estructuras multitriangulares (Patente n° 9800954) eran un ejemplo de estructuras no fractales cuya geometría estaba diseñada para que las antenas pudieran ser utilizadas en estaciones base de telefonía celular GSM y DCS. Las antenas descritas en dicha patente estaban formadas por tres triángulos unidos exclusivamente por sus vértices, del tamaño adecuado para operar en las bandas 890 MHz - 960 MHz y 1710 MHz - 1880 MHz. Se trataba de una solución particular, pensada para un entorno concreto, y que no recogía la versatilidad y flexibilidad necesarias para abordar otros diseños de antena para otros entornos.

Las antenas multinivel vienen a solventar las limitaciones operativas de las antenas fractales y multitriangulares. Su geometría es mucho más flexible, rica y variada, permitiendo la operación de la antena desde tan solo dos hasta múltiples bandas, así como una

- 4 -

mayor versatilidad en cuanto a diagramas, posiciones de las bandas y niveles de impedancia por poner algunos ejemplos. Sin ser fractales, las antenas multinivel se caracterizan por estar compuestas por una serie de  
5 elementos que se distinguen en el global de la estructura. Precisamente por el hecho de mostrar claramente varios niveles de detalle (el de la estructura global y el de los elementos individuales que la componen), las antenas ofrecen un comportamiento multibanda y/o un tamaño  
10 reducido. Su nombre también tiene su origen en tal propiedad característica.

La presente invención consiste en una antena cuyo elemento radiante se caracteriza por su forma geométrica,  
15 que está constituida básicamente por varios polígonos o poliedros del mismo tipo. Es decir constituida, por ejemplo, por triángulos o bien cuadrados, pentágonos, hexágonos, e incluso círculos o elipses como caso límite de polígonos con un gran número de lados, así como  
20 tetraedros, hexaedros, prismas, dodecaedros, etc.), acoplados entre sí eléctricamente (ya sea a través de al menos un punto de contacto, como a través de una pequeña separación que proporcione un acoplamiento capacitivo) y agrupados en estructuras de nivel superior de manera que  
25 en el cuerpo de la antena se siguen distinguiendo los elementos poligonales o poliédricos que la componen. A su vez, las estructuras así generadas pueden agruparse en estructuras de nivel superior de forma análoga a como lo hacen los elementos básicos, y así sucesivamente hasta  
30 llegar a tantos niveles como el diseñador de la antena desee.

La denominación de antena multinivel proviene precisamente del hecho que en el cuerpo de la antena se  
35 distinguen al menos dos niveles de detalle; el de la

- 5 -

estructura global y el de la mayoría de los elementos (polígonos o poliedros) que la constituyen. Ello se consigue garantizando que la zona de contacto o intersección (en caso de existir) entre la mayoría de los  
5 elementos que componen la antena sea únicamente una fracción del perímetro o área circundante de tales polígonos o poliedros.

Una de las particularidades de las antenas multinivel  
10 es que su comportamiento radioeléctrico puede ser similar en múltiples bandas frecuenciales. Los parámetros de entrada de la antena (impedancia y diagrama de radiación) se mantienen parecidos en múltiples bandas frecuenciales (es decir, la antena presenta la misma cota de adaptación  
15 o relación de onda estacionaria en las distintas bandas) y a menudo, la antena presenta prácticamente los mismos diagramas de radiación a distintas frecuencias. Esta propiedad se debe precisamente a la estructura multinivel de la antena, es decir, al hecho de que en la estructura  
20 de la antena se sigan distinguiendo la mayoría de los elementos básicos (polígonos o poliedros de la misma categoría) que la componen. El número de bandas frecuenciales es proporcional al número de escalas o tamaños de los elementos poligonales o de los conjuntos  
25 similares en que se agrupan, contenidos en la geometría del elemento radiante principal.

Además de su comportamiento multibanda, las antenas de estructura multinivel suelen presentar un tamaño más  
30 reducido del habitual comparado con otras antenas de estructura más simple (por ejemplo constituidas por un único polígono o poliedro). Ello se debe a que el camino que recorre la corriente eléctrica sobre la estructura multinivel es más tortuoso y largo que en el caso de una  
35 geometría simple, debido precisamente a los vacíos

- 6 -

existentes entre los distintos elementos poligonales o poliédricos. Tales vacíos fuerzan un determinado camino para la corriente (que precisamente debe evitar esos huecos), recorriendo una mayor longitud y por lo tanto resonando a una frecuencia inferior. Además, su geometría rica en aristas y discontinuidades facilita el proceso de radiación, incrementando relativamente la resistencia de radiación de la antena y reduciendo el factor de calidad Q, es decir aumentando su ancho de banda.

10

Así pues, las características fundamentales de las antenas multinivel son:

- Su geometría multinivel, constituida por polígonos o poliedros de la misma clase acoplados electromagnéticamente y agrupados para formar una estructura de tamaño superior. En la geometría multinivel, la mayoría de los elementos son claramente visibles puesto que su zona de contacto, intersección o interconexión (en caso de existir) con el resto de elementos es siempre inferior al 50% de su perímetro.

- El comportamiento radioeléctrico derivado de su geometría: las antenas multinivel pueden presentar un comportamiento multibanda (el mismo comportamiento o similar en varias bandas frecuenciales) y/o operar a una frecuencia reducida, lo cual le permite reducir su tamaño.

Se describen ya en la literatura especializada algunos diseños de antena que permiten cubrir algunas pocas bandas, sin embargo en tales diseños el comportamiento multibanda se consigue a base de agrupar varias antenas individuales monobanda o de incorporar elementos reactivos en la antena (elementos concentrados como inductores o capacidades o sus versiones integradas



- 7 -

tales como postes o hendiduras) que fuerzan la aparición de nuevas frecuencias de resonancia. Las antenas multinivel por el contrario basan su comportamiento en su particular geometría, ofreciendo una mayor flexibilidad al diseñador de la antena en cuanto al número de bandas (proporcional al número de niveles de detalle), su posición, espaciado relativo y anchura y por lo tanto, ofreciendo mejores y más variadas prestaciones al producto final.

10

La estructura multinivel puede utilizarse en cualquiera de las configuraciones conocidas para antenas. A modo de ejemplo y sin que ello suponga una limitación: dipolos, monopolos, antenas parche o microstrip, antenas coplanares, antenas de reflector, antenas enrolladas e incluso en baterías (arrays) de antenas. Las técnicas de fabricación tampoco son características de las antenas multinivel, pudiéndose utilizar la más adecuada para cada estructura o aplicación. A modo de ejemplo: impresión sobre sustrato dieléctrico metalizado mediante fotolitografiado (técnica de circuito impreso); troquelado sobre plancha metálica, repulsado sobre dieléctrico, etc.

15  
20

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

25

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una realización preferida de la invención, tomada a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

30

La Figura 1 muestra un ejemplo particular de elemento multinivel constituido únicamente por polígonos de tipo triangular.

35

- 8 -

La Figura 2 muestra ejemplos de montaje de antenas multinivel en distintas configuraciones: monopolo (2.1), dipolo (2.2), parche (2.3), antena coplanar (2.4), antena (2.5-2.6) y batería (array) (2.7).

5

La Figura 3 muestra ejemplos de estructuras multinivel basadas en triángulos.

La Figura 4 muestra ejemplos de estructuras multinivel basadas en paralepípedos.

10

La Figura 5 muestra ejemplos de estructuras multinivel basadas en pentágonos.

15

La Figura 6 muestra ejemplos de estructuras multinivel basadas en hexágonos.

La Figura 7 muestra ejemplos de estructuras multinivel basadas en poliedros.

20

La Figura 8 muestra un ejemplo de un modo concreto de funcionamiento de una antena multinivel en configuración parche para estaciones base de telefonía celular GSM (900 MHz) y DCS (1800 MHz).

25

La Figura 9 muestra los parámetros de entrada (pérdidas de retorno sobre 50 ohmios) de la antena multinivel descrita en la figura anterior.

30

La Figura 10 muestra los diagramas de radiación de la antena multinivel de la Figura 8: el plano horizontal y el vertical.

La Figura 11 muestra un ejemplo de un modo concreto de funcionamiento de una antena multinivel en configuración

35

- 9 -

monopolo para sistemas de comunicación sin hilo en interiores o en entornos de acceso local a redes vía radio.

5           La Figura 12 muestra los parámetros de entrada (pérdidas de retorno sobre 50 ohmios) de la antena multinivel descrita en la figura anterior.

10           La Figura 13 muestra los diagramas de radiación para la antena multinivel de la Figura 11.

#### DESCRIPCIÓN DE LA REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

15           Para llevar a cabo la descripción detallada que sigue de la realización preferida de la presente invención, se hará referencia permanente a las Figuras de los dibujos, a través de las cuales se han utilizado las mismas referencias numéricas para las partes iguales o similares.

20           La presente invención consiste en una antena que contiene al menos un elemento constructivo en forma de estructura multinivel. Una estructura multinivel se caracteriza por estar formada a partir de la reunión de varios polígonos o poliedros del mismo tipo (a modo de  
25           ejemplo, triángulos, paralepípedos, pentágonos, hexágonos, etc., incluso círculos o elipses como casos límite de polígono con un gran número de lados, así como tetraedros, hexaedros, decaedros, dodecaedros, icosaedros, etc.)  
30           acoplados entre sí electromagnéticamente. El acoplo electromagnético se consigue bien por proximidad, bien por contacto directo entre elementos. Una estructura o figura multinivel se distingue de otra figura convencional precisamente por la interconexión (en caso de existir) entre los elementos que la constituyen (los polígonos o  
35           poliedros). En una estructura multinivel, al menos el 75%

-10-

de los elementos que la componen tienen más del 50% de su perímetro (en el caso de polígonos) o superficie (en el caso de poliedros) liberado de contacto con cualquiera de los otros elementos que componen la estructura. Así es, en la estructura multinivel es fácil reconocer geométricamente y distinguir individualmente a la mayoría de los elementos básicos que conforman la estructura, presentando al menos dos niveles de detalle: el de la estructura global y el de los elementos poligonales o poliédricos que la componen. La denominación de multinivel proviene precisamente de esta característica y del hecho que los polígonos o poliedros pueden incluirse en una gran variedad de tamaños; además, varias estructuras multinivel pueden agruparse y acoplarse electromagnéticamente entre sí formando estructuras de nivel superior. En una estructura multinivel todos los elementos constitutivos son polígonos con el mismo número de lados, o poliedros con el mismo número de caras. Lógicamente, esta característica se rompe cuando varias estructuras multinivel de distinta naturaleza se agrupan y acoplan electromagnéticamente entre si formando meta-estructuras de nivel superior.

De manera que, en las Figuras de la 1 a la 7 se muestran algunos casos particulares de estructuras multinivel.

En la Figura 1 se muestra un elemento multinivel constituido exclusivamente por triángulos de distinta forma y tamaño. Obsérvese como en este caso particular en dicha estructura se distinguen todos y cada uno de los elementos (triángulos, en negro) que la constituyen puesto que los triángulos únicamente se solapan en una pequeña región de su perímetro, en este caso concreto por los vértices.

-11-

En la Figura 2 se muestran ejemplos de montaje de antenas multinivel en distintas configuraciones: monopolo (21), dipolo (22), parche (23), antena coplanar (24),  
5 bocina de perfil (25) y de frente (26) y batería (array) (27). Con lo que cabe destacar que, cualquiera que sea su configuración, la antena multinivel se distingue de otras antenas por la geometría de su elemento radiante característico.

10

En la Figura 3 se muestran más ejemplos de estructuras multinivel (3.1-3.15) de origen triangular, todas ellas constituidas por triángulos. Obsérvese el caso (3.14) como evolución del caso (3.13); a pesar del  
15 contacto entre los 4 triángulos el 75% de los elementos (tres triángulos a excepción del central) tiene más del 50% de su perímetro liberado.

En la Figura 4 se describen estructuras multinivel  
20 (4.1-4.14) cuyo elemento constitutivo son paralelepípedos (cuadrados, rectángulos, rombos...). Obsérvese que siempre se distinguen los elementos constitutivos de la estructura individualmente (al menos la mayoría de ellos). En el caso (4.12), en concreto, los elementos tienen el 100% de su  
25 perímetro liberado, no existiendo ninguna conexión física entre ellos (el acoplamiento se produce por proximidad gracias a la capacidad mutua entre elementos).

En las Figuras 5, 6 y 7 se ilustran, a modo de  
30 ejemplo y en ningún caso con afán limitativo, otras estructuras de tipo multinivel basados en pentágonos, hexágonos y poliedros, respectivamente.

Es necesario enfatizar que la diferencia entre las  
35 antenas multinivel y otras antenas existentes radica en su

particular geometría, no en su configuración como antena o en los materiales que se utilizan para su construcción. Así pues la estructura multinivel puede utilizarse en cualquiera de las configuraciones conocidas para antenas; a modo de ejemplo y sin que ello suponga una limitación: dipolos, monopolos, antenas parche o microstrip, antenas coplanares, antenas de reflector, antenas enrolladas e incluso en baterías (arrays) de antenas. En general, la estructura multinivel constituye parte del elemento radiante característico de tales configuraciones, como por ejemplo: el brazo, el plano de masa o ambos componentes en un monopolo; un brazo o ambos en un dipolo; el parche o elemento impreso en el caso de una antena microstrip, parche o coplanar; el reflector en caso de una antena de reflector; o la sección cónica o incluso las paredes de la antena en el caso de una configuración tipo bocina. Incluso es posible escoger una configuración de antena tipo espira en la que la geometría del bucle o bucles sea el perímetro externo de una estructura multinivel. En definitiva, la diferencia entre una antena multinivel y una antena convencional, radica básicamente en la geometría del elemento radiante o de alguno de sus componentes y no en su configuración particular.

En cuanto a los materiales y tecnología de construcción, la implementación de antenas multinivel no está limitado a ninguna de ellos en particular, pudiéndose utilizar cualquiera de aquellas técnicas y materiales existentes o de futuro desarrollo que se estimen más convenientes para cada entorno o aplicación, puesto que su esencia inventiva radica en la geometría utilizada para la estructura multinivel y nunca en su configuración concreta. Así pues, la estructura multinivel puede construirse, por ejemplo, mediante láminas, piezas de material conductor o superconductor, mediante impresión en

substratos dieléctricos (rígidos o flexibles) recubiertos de una capa metálica como si se tratara de circuitos impresos, mediante la imbricación de varios materiales dieléctricos que conformen la estructura multinivel, etc., siempre dependiendo de las necesidades específicas de cada caso y aplicación. Una vez construida la estructura multinivel, la implementación de la antena depende de la configuración elegida (antena monopolo, dipolo, parche, bocina, reflector...). En los casos monopolo, espira, dipolo y parche, por ejemplo, se implementa la estructura multisimilar en un soporte metálico (un procedimiento sencillo consiste en aplicar un proceso de fotolitografía a una placa dieléctrica virgen de circuito impreso) y se monta la estructura a un conector estándar de microondas, que en el caso del monopolo o parche, a su vez está conectado a un plano de masa (típicamente una placa o carcasa metálica) como en cualquier otro caso de antena convencional. En el caso del dipolo, dos estructuras multinivel idénticas constituyen los dos brazos de la antena; en una antena de apertura, la geometría multinivel puede constituir la pared o parte de la pared metálica de la bocina o bien la sección transversal de la misma, y finalmente, en el caso de un reflector, el elemento multisimilar o un conjunto de los mismos puede constituir o recubrir el elemento reflectante.

Las propiedades más relevantes de las antenas multinivel se deben principalmente a su particular geometría y son: la posibilidad de operar simultáneamente en varias bandas frecuenciales de forma similar (diagramas de radiación e impedancia similares) y la posibilidad de reducir su tamaño respecto a otras antenas convencionales (basadas exclusivamente en un único polígono o poliedro). Tales propiedades son de especial relevancia en el entorno

-14-

de los sistemas de comunicación. El hecho de operar simultáneamente en varias bandas frecuenciales permite que una única antena multinivel integre varios sistemas de comunicación en vez de dedicar una antena para cada sistema o servicio como suele hacerse convencionalmente. La reducción de tamaño es especialmente interesante cuando se trata de disimular la antena ya sea por su impacto visual en el paisaje urbano o rural, ya sea por su efecto anti-estético o anti-aerodinámico cuando la antena se incorpora a un vehículo o equipo de telecomunicación portátil.

Un ejemplo de la ventaja que supone utilizar una antena multibanda en un entorno real lo constituye la antena multinivel AM1, que se describe más adelante, para entornos GSM y DCS. Dichas antenas están diseñadas para cumplir las especificaciones radioeléctricas en ambos sistemas de telefonía celular. Utilizando una única antena multinivel GSM y DCS para ambas bandas (900 MHz y 1800 MHz) los operadores de telefonía celular pueden reducir el coste y el impacto ambiental de sus redes de estaciones base al mismo tiempo que aumentar el número de usuarios (clientes) que soporta la red.

Es especialmente relevante diferenciar las antenas multinivel de las antenas fractales. Tales antenas se basan en la geometría fractal, geometría basada en conceptos matemáticos abstractos de difícil implementación práctica. En la literatura científica especializada se suele definir como fractal aquellos objetos geométricos cuya dimensión de Hausdorff es un número no entero. Ello significa que los objetos fractales sólo existen como abstracción o concepto, pero que tales geometrías no son plasmables (en sentido estricto) en un objeto o gráfico tangible. Bien es verdad que antenas basadas en dicha



-15-

geometría han sido desarrolladas y descritas ampliamente en la literatura científica, aunque su geometría no es, en términos científicos, estrictamente fractal. Si bien es verdad que algunas de tales antenas ofrecen un comportamiento multibanda (su diagrama de radiación e impedancia se mantiene prácticamente constante en varias bandas frecuenciales), no ofrecen por sí solas todas las prestaciones que se requiere de una antena para su aplicabilidad en un entorno práctico. Así pues la antena de Sierpinski por ejemplo, tiene un comportamiento multibanda con N bandas espaciadas frecuencialmente por un factor 2 y aunque en virtud de ese espaciado podría pensarse en su utilización en las redes de comunicaciones GSM 900 MHz y GSM 1800 MHz (o DCS), su inadecuado diagrama de radiación y su tamaño, a esas frecuencias, le impiden en la práctica ser utilizadas en un entorno real. En definitiva, para conseguir que una antena además de ofrecer un comportamiento multibanda cumpla con todas y cada una de las especificaciones que se le exigen en cada aplicación particular, casi siempre es necesario apartarse de la geometría fractal y recurrir, por ejemplo, a antenas de geometría multinivel. A modo de ejemplo, ninguna de las estructuras detalladas en las figuras 1, 3, 4, 5 y 6 son fractales. Todas tienen una dimensión de Hausdorff igual a 2, que coincide con su dimensión topológica. Análogamente, ninguna de las estructuras multinivel de la figura 7 son fractales, siendo su dimensión de Hausdorff igual a 3, coincidiendo con su dimensión topológica.

No debería confundirse en ningún caso las estructuras multinivel con las agrupaciones de antenas (o arrays). Si bien es verdad que una agrupación esta constituida por un conjunto de antenas iguales, en una agrupación o array se suele pretender que los elementos estén desacoplados electromagnéticamente, justamente lo contrario de lo que

-16-

se persigue en las antenas multinivel. En una agrupación de antenas todos y cada uno de los elementos suelen alimentarse individualmente, bien mediante transmisores o receptores de señal específicos para cada elemento, bien mediante una red de distribución de señal, mientras que en una antena multinivel se excita la estructura en algunos pocos de sus elementos y los restantes se acoplan electromagnéticamente o por contacto directo (en una región no superior al 50% del perímetro o superficie de los elementos colindantes). En una agrupación de antenas se busca aumentar la directividad de una antena individual o conformar el diagrama para una aplicación concreta; en una antena multinivel se persigue obtener un comportamiento multibanda o bien una reducción del tamaño de la antena, lo cual supone una aplicación absolutamente distinta a la de las agrupaciones. En adelante, para no confundir las agrupaciones de polígonos en estructuras multinivel con las agrupaciones clásicas de antenas se reservará para estas últimas la denominación de array.

20

A continuación se describen como ejemplo, no limitativo e ilustrativo, dos modos particulares de funcionamiento de Antenas Multinivel (AM1 y AM2) para un entorno y aplicación concretos.

25

#### MODO AM1

Este modelo consiste en una antena tipo parche multinivel, representada en la Figura 8, que opera simultáneamente en las bandas de GSM 900 (890 MHz - 960 MHz) y GSM 1800 (1710 MHz - 1880 MHz) y ofrece un diagrama de radiación sectorial en el plano horizontal. La antena está pensada principalmente (aunque no limitada a ello) para el uso en estaciones base de telefonía celular GSM 900 y 1800.

35

-17-

La estructura multinivel (8.10), o parche de la antena, está formada por una lámina de cobre de impresa sobre una placa de circuito impreso de fibra de vidrio estándar. La geometría multinivel la constituyen 5 triángulos (8.1-8.5) unidos por la zona del vértice tal y como se indica en la Figura 8, con un perímetro externo en forma de triángulo equilátero de 13.9 cm de altura (8.6). El triángulo inferior tiene una altura (8.7) de 8.2 cm y conjuntamente con los dos triángulos adicionales adyacentes configuran una estructura de perímetro triangular de 10.7 cm de altura (8.8).

El parche multinivel (8.10) se monta paralelamente a un plano de tierra (8.9) de aluminio rectangular de 22 x 18.5 cm. La separación entre el parche y el plano de tierra es de 3.3 cm, separación que se mantiene con un par de espaciadores dieléctricos que actúan a modo de soporte (8.12).

La conexión a la antena se realiza en dos puntos de la estructura multinivel, uno para cada banda de funcionamiento (GSM 900 y GSM 1800). La excitación se produce mediante un poste metálico vertical perpendicular al plano de masa y a la estructura multinivel, terminado capacitivamente mediante una chapa metálica que se acopla eléctricamente por proximidad (efecto capacitivo) al parche. Se trata de un sistema habitual en antenas en configuración parche, mediante el cual se persigue compensar el efecto inductivo del poste con el efecto capacitivo de su terminación.

En la base del poste de excitación se conecta el circuito que interconecta el elemento y el puerto de acceso a la antena o conector (8.13). Dicho circuito de interconexión (8.11) puede realizarse en tecnología

-18-

microstrip, coaxial o strip-line, por poner algunos ejemplos, e incorpora redes de adaptación convencionales que transforman la impedancia medida en la base del poste a los 50 ohmios (con una tolerancia típica en la Relación de Onda Estacionaria (ROE) típica en estas aplicaciones menor de 1.5) que se requieren en el conector de entrada / salida de la antena. Dicho conector suele ser de tipo N o SMA en entornos de estaciones base para micro-celda.

Además de adaptar impedancia y proporcionar la interconexión con el elemento radiante, la red de interconexión (8.11) puede integrar un diplexor, permitiendo que la antena se presente en una configuración de dos conectores (uno para cada banda) o bien un único conector para ambas bandas.

En el caso de una configuración de doble conector, para aumentar el aislamiento entre los terminales GSM 900 y el GSM 1800 (DCS), se puede conectar en la base del poste de excitación en la banda DCS un stub paralelo de longitud eléctrica igual a media longitud de onda, en la frecuencia central de DCS, y terminado en circuito abierto. Análogamente, en la base del hilo de GSM 900 se podrá conectar un stub paralelo terminado en circuito abierto de longitud eléctrica ligeramente superior a un cuarto de longitud de onda a la frecuencia central de la banda GSM. Dicho stub introduce una capacidad en la base de la conexión que puede ser ajustada para compensar el efecto inductivo residual que presenta el poste. Además, dicho stub presenta una muy baja impedancia en la banda de DCS, lo que contribuye a aumentar el aislamiento entre conectores en dicha banda.

En las Figuras 9 y 10 se muestra el comportamiento radioeléctrico típico de esta realización concreta de antena multinivel dual.

5        En la Figura 9 se muestran las pérdidas de retorno ( $L_r$ ) en GSM (9.1) y DCS (9.2), típicamente por debajo de -14 dB (que es a efectos equivalente a ROE <1.5), por lo que la antena está bien adaptada en ambas bandas de funcionamiento (890 MHz-960 MHz y 1710 MHz-1880 MHz).

10

Los diagramas de radiación del plano vertical (10.1 y 10.3) y del plano horizontal (10.2 y 10.4) en ambas bandas se muestran en la Figura 10. Se observa claramente que ambas antenas radian mediante un lóbulo principal en la  
15        dirección perpendicular (10.1 y 10.3) a la antena, y que en el plano horizontal (10.2 y 10.4) ambos diagramas son del tipo sectorial, con un ancho de haz típico a 3 dB de 65°. La directividad (d) típica en ambas bandas es  $d > 7$  Db.

20        Modo AM2

Este modelo consiste en un antena multinivel en configuración monopolo, representada en la Figura 11, para sistemas de comunicación sin hilo en interiores o en entornos de acceso local a redes vía radio.

25

La antena opera de forma similar simultáneamente en las bandas 1880 MHz-1930 MHz y 3400 MHz-3600 MHz, por ejemplo en instalaciones con el sistema DECT. La estructura multinivel esta formada por tres o cinco  
30        triángulos (ver Figura 11 y Figura 3.6) a los que se añade un bucle inductivo (11.1). La antena presenta un diagrama de radiación omnidireccional en el plano horizontal y esta principalmente pensada (aunque no limitada a ello) para montaje en techo o suelo.

35

-20-

La estructura multinivel está impresa sobre un sustrato dieléctrico (11.2) Rogers<sup>®</sup> RO4003 de 5.5 cm de anchura, 4.9 cm de altura y 0.8 mm de grosor, y de permitividad dieléctrica igual a 3.38. El elemento multinivel se compone de tres triángulos (11.3-11.5) unidos por la zona del vértice; el triángulo (11.3) inferior tiene una altura de 1.82 cm, mientras que la estructura multinivel tiene una altura total de 2.72 cm. Para reducir el tamaño global de la antena, al elemento multinivel se le añade un bucle inductivo (11.1) en la parte superior, con forma trapezoidal en esta aplicación concreta, con lo que el tamaño total del elemento radiante es de 4.5 cm.

La estructura multinivel se monta perpendicularmente sobre un plano de tierra (11.6) metálico (de aluminio por ejemplo) de sección cuadrada o circular con unos 18 cm de lado o diámetro respectivamente. El vértice inferior del elemento se coloca en el centro del plano de masa y constituye el punto de excitación de la antena. En ese punto se conecta la red de interconexión que enlaza el elemento radiante con el conector de entrada/salida. Dicha red de interconexión puede implementarse en tecnología microstrip, strip-line o coaxial (por citar algunos ejemplos) aunque en esta realización concreta se eligió la configuración microstrip. Además de la interconexión entre elemento radiante y conector, la red puede utilizarse como transformador de impedancias, adaptando la impedancia en el vértice del elemento multinivel con los 50 Ohmios ( $L_p < 14$  dB, ROE  $< 1.5$ ) que se requieren en el conector de entrada / salida.

Las Figuras 12 y 13 resumen el comportamiento radio-eléctrico de la antena en las bandas inferior (1900) y superior (3500).

11/13

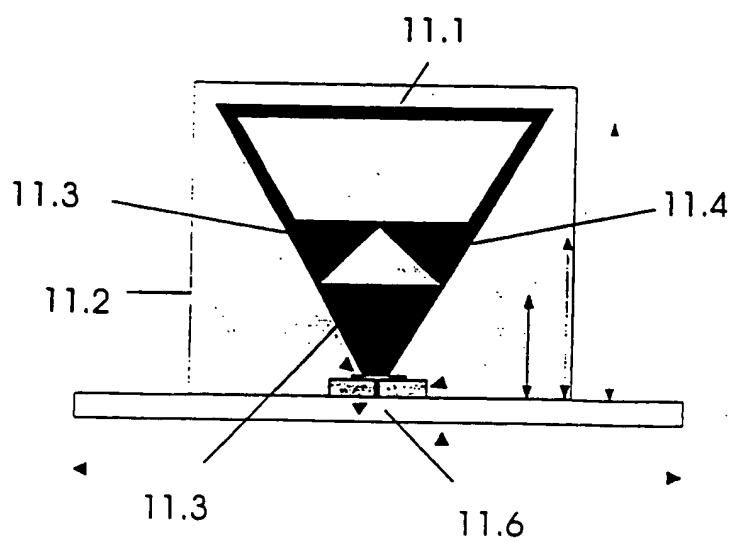
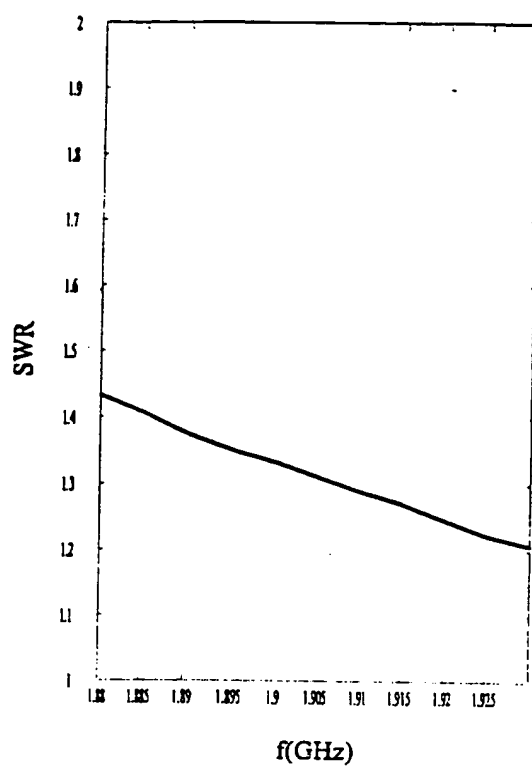
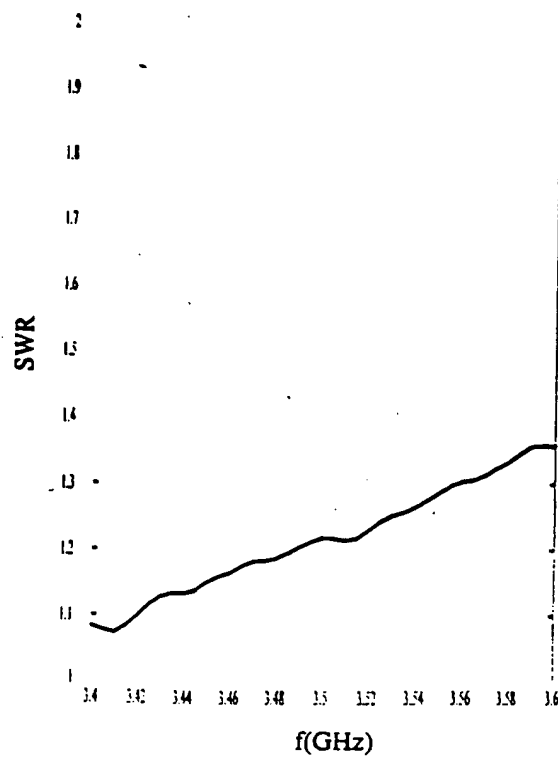


FIG. 11

12/13



12.1

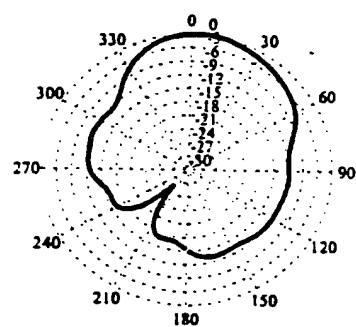


12.2

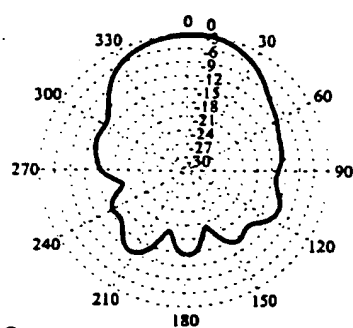
FIG. 12



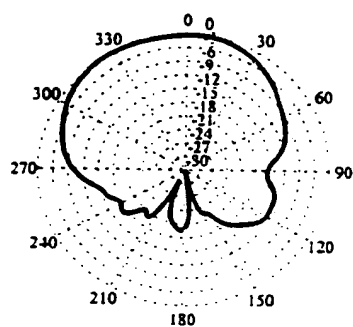
10/13



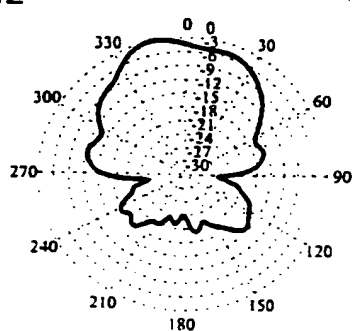
10.1



10.2



10.3



10.4

FIG. 10

9/13

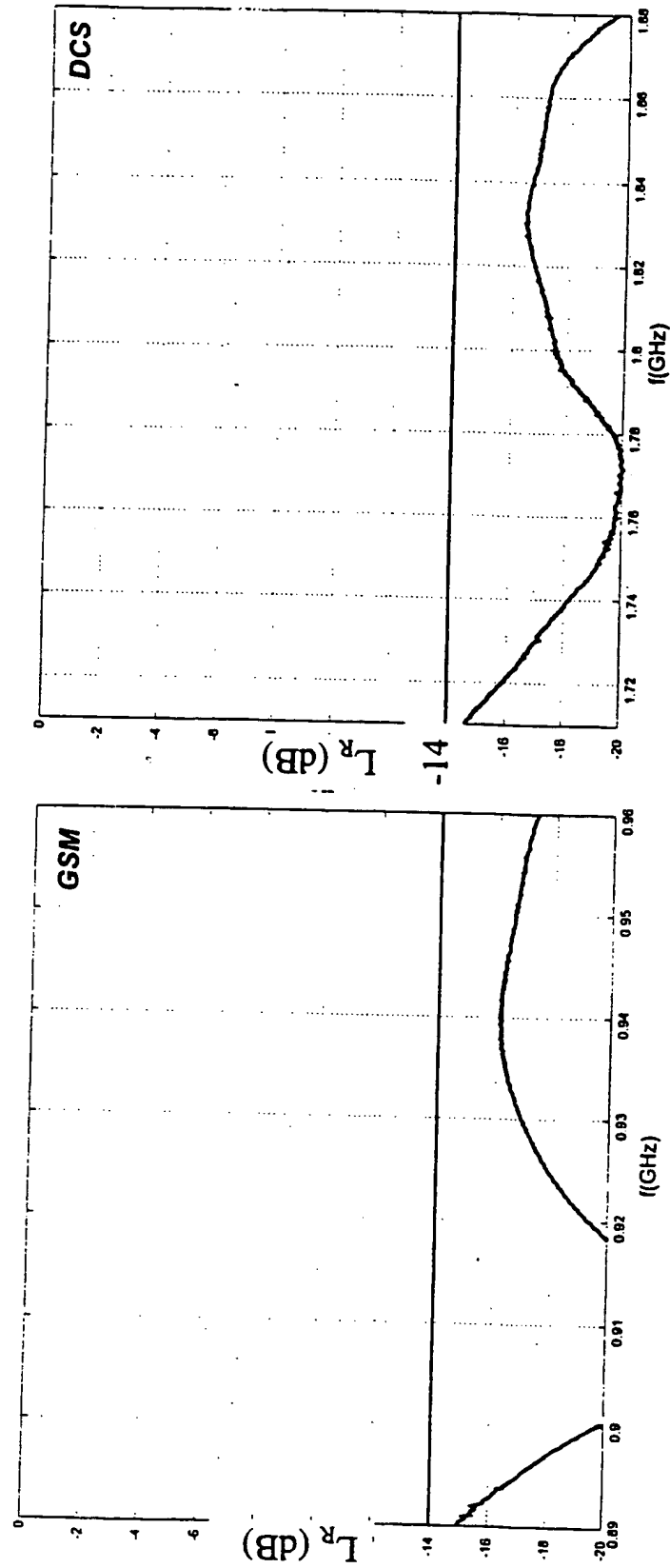


FIG. 9

8/13

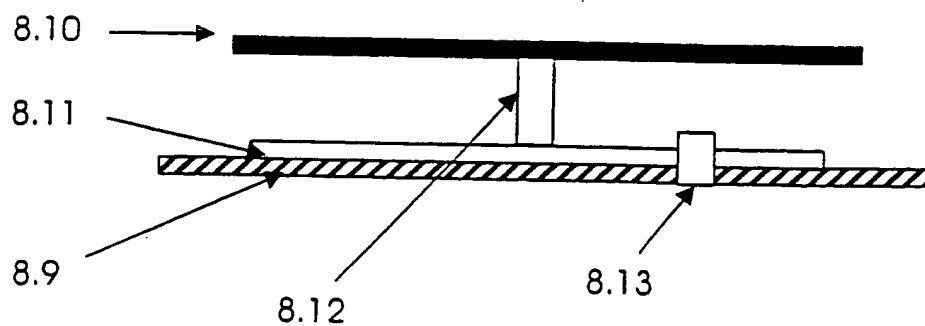
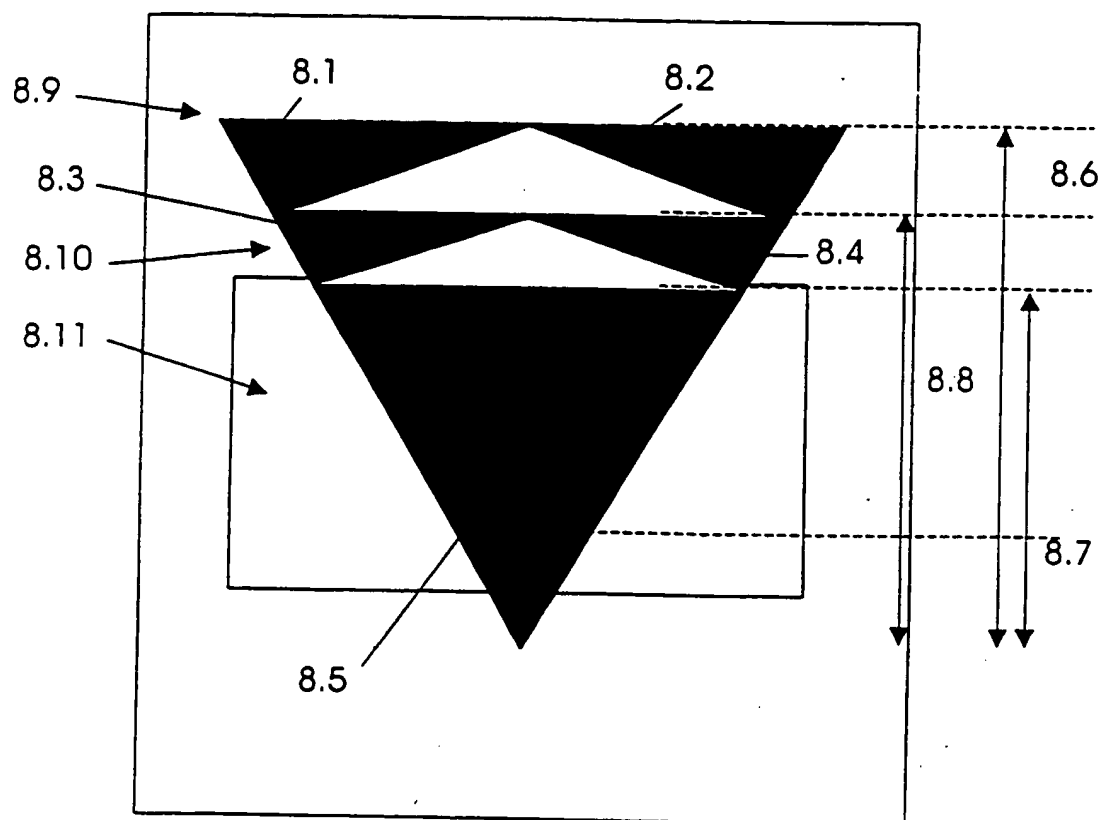
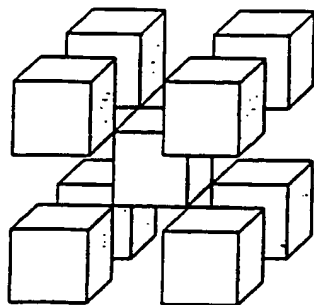
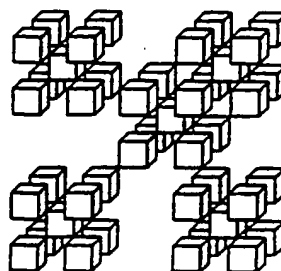


FIG. 8

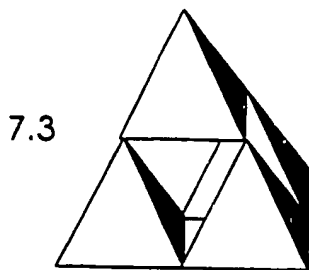
7/13



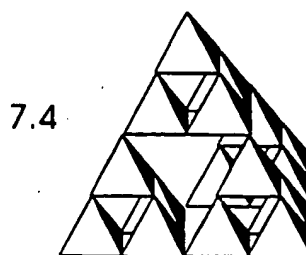
7.1



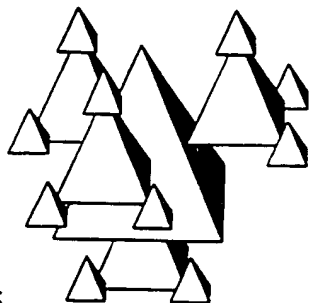
7.2



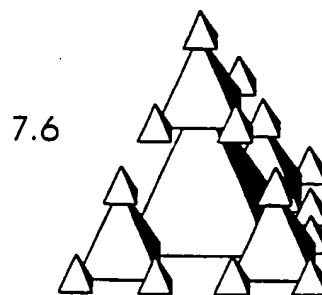
7.3



7.4



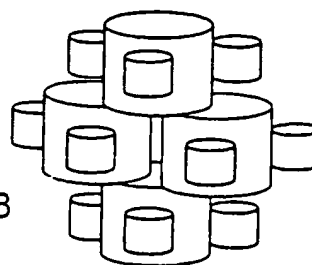
7.5



7.6



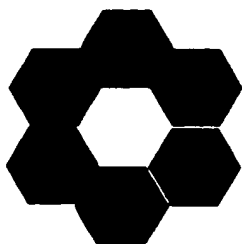
7.7



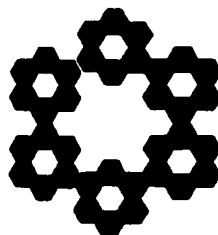
7.8

FIG. 7

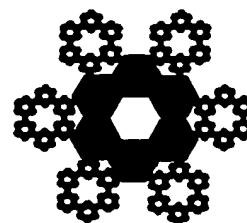
6/13



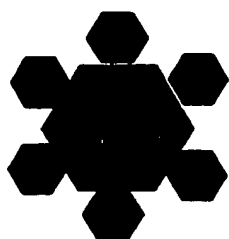
6.1



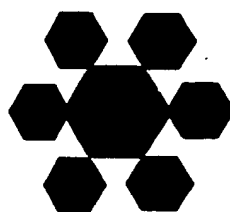
6.2



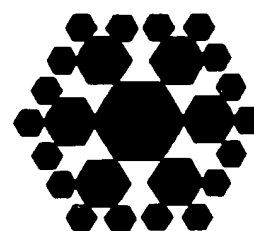
6.3



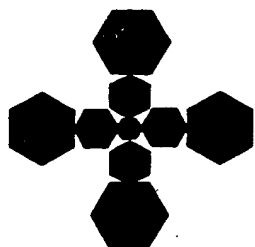
6.4



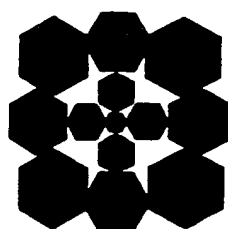
6.5



6.6



6.7



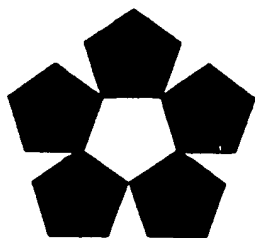
6.8



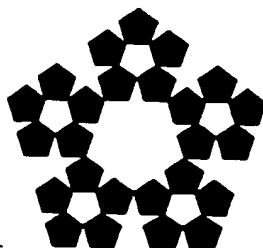
6.9

FIG. 6

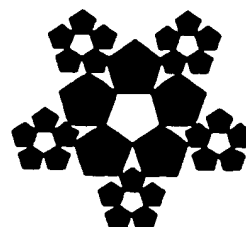
5/13



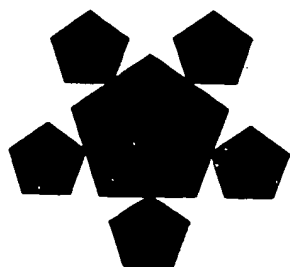
5.1



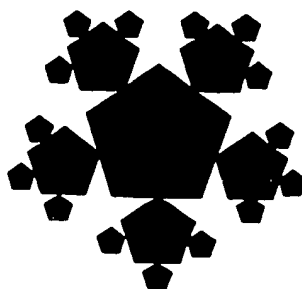
5.2



5.3



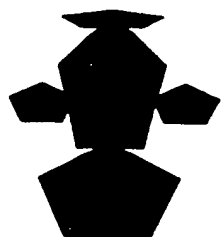
5.4



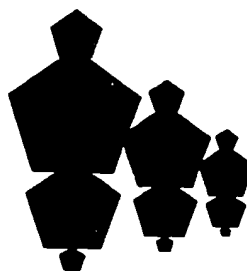
5.5



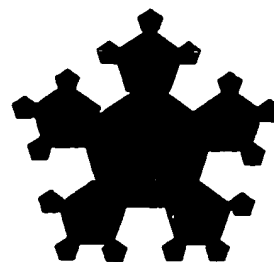
5.6



5.7



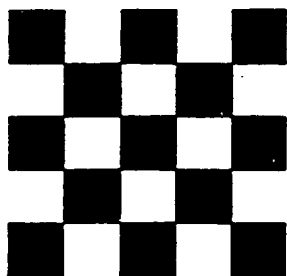
5.8



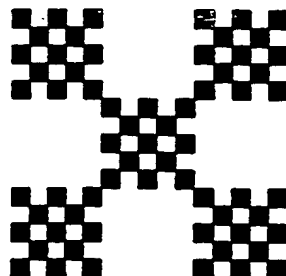
5.9

FIG. 5

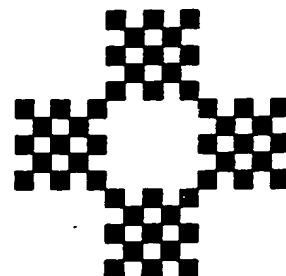
4/13



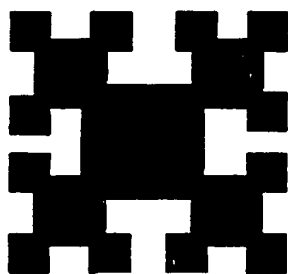
4.1



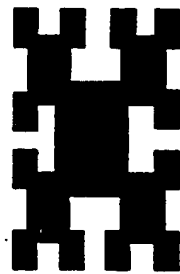
4.2



4.3



4.4



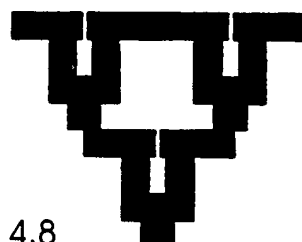
4.5



4.6



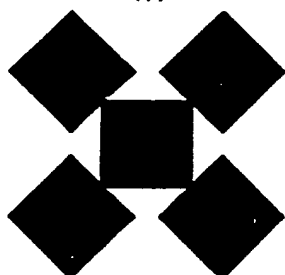
4.7



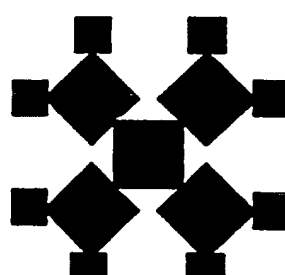
4.8



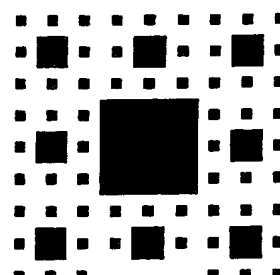
4.9



4.10



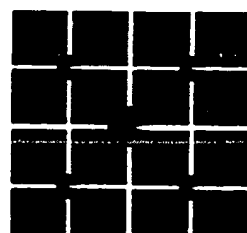
4.11



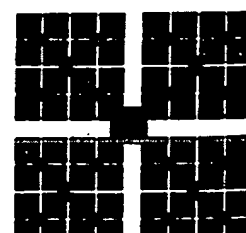
4.12



4.13



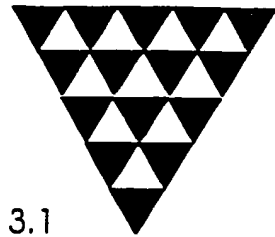
4.14



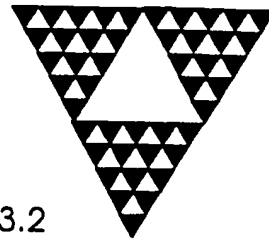
4.15

FIG. 4

3/13



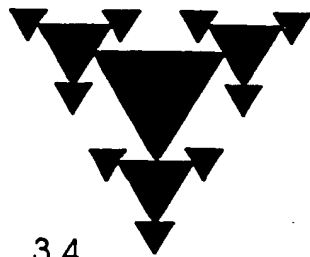
3.1



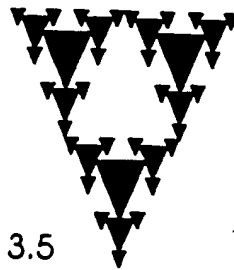
3.2



3.3



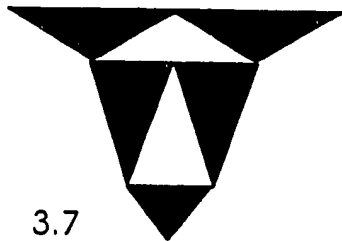
3.4



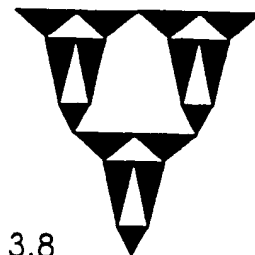
3.5



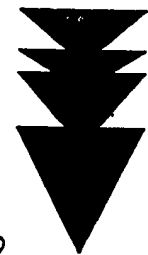
3.6



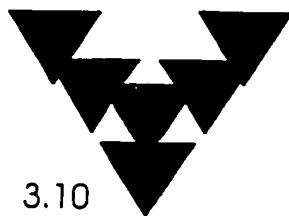
3.7



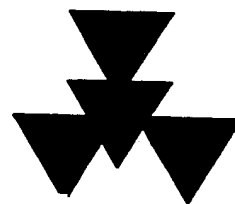
3.8



3.9



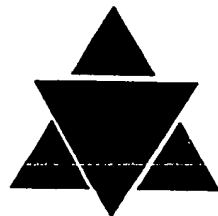
3.10



3.11



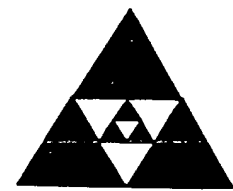
3.12



3.13



3.14



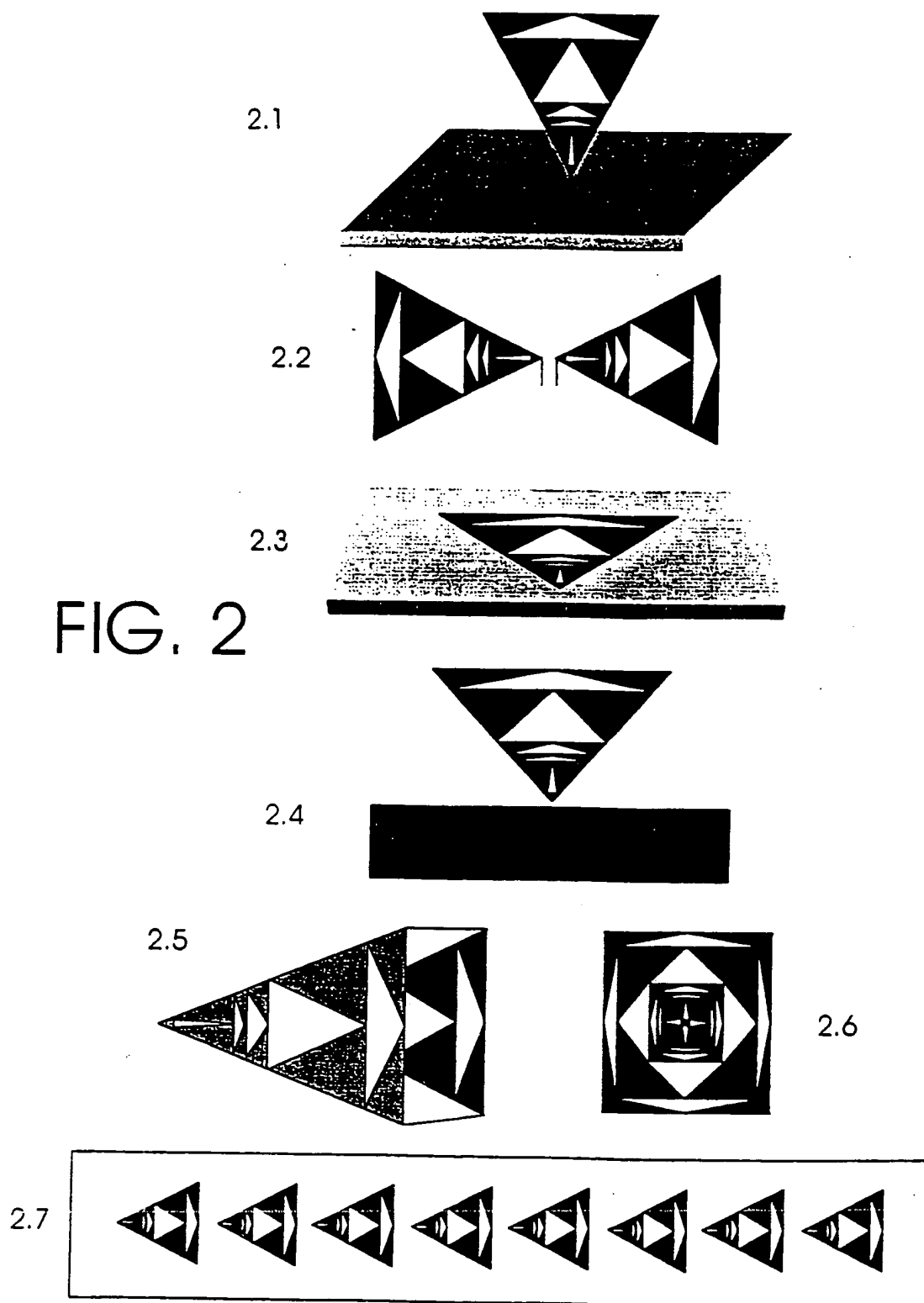
3.15

FIG. 3



2/13

FIG. 2



1/13

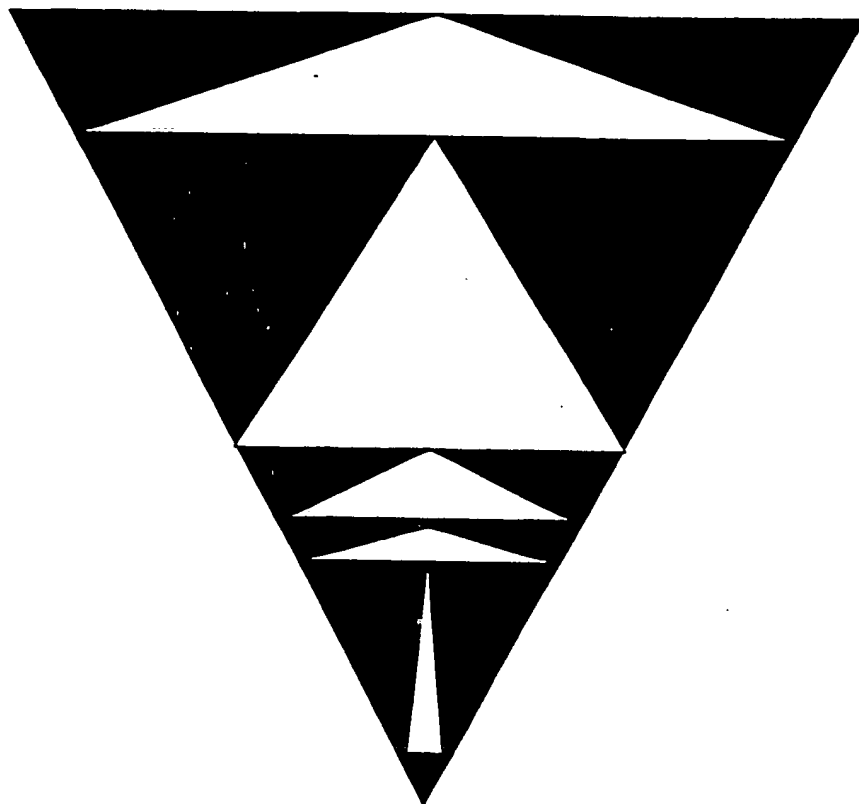


FIG. 1

**INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**  
 Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº  
 PCT/ ES 99/00296

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
ES 2112163 A	16.03.1998	ES 2112163 B	16.11.1998
US 4907011A	06.03.1990	NINGUNO	
WO 9706578 A	20.02.1997	EP 0843905 A	27.05.1998

-26-

(transmisores o receptores), en vehículos, satélites de comunicaciones o en sistemas radar.

18.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1  
5 a 4, caracterizada porque la estructura multinivel en aquellos casos que radia poco eficientemente puede utilizarse como resonador multibanda o miniatura.

19.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1  
10 a 4, caracterizada porque la antena incorpora además del elemento multinivel un circuito de interconexión que enlaza la estructura con el conector de entrada/salida, y que puede utilizarse para incorporar redes de adaptación de impedancias, filtros o diplexores.

15

20.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1  
a 4, caracterizada porque la estructura multinivel se carga con elementos capacitivos o inductivos para modificar su tamaño, frecuencias de resonancia, diagrama  
20 de radiación o impedancia.

21.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1  
a 4, caracterizada porque varias estructuras multinivel del mismo tipo (mismo polígono o poliedro característico,  
25 mismo número, disposición y acoplamiento entre elementos) referidas como estructuras de primer nivel, se agrupan en estructuras de nivel superior de forma parecida a como lo hacen los elementos poligonales o poliédricos que constituyen la estructura multinivel de primer nivel.

12.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la estructura multinivel se construye en material conductor, superconductor, dieléctrico o una combinación de ellos.

5

13.- Antena multinivel, según la reivindicación 12, caracterizada porque la estructura multinivel conforma la geometría de los huecos practicados en una estructura metálica, superconductora o dieléctrica.

10

14.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la antena presenta un comportamiento multibanda, es decir, presenta un nivel de impedancia y un diagrama de radiación similar en varias  
15 bandas frecuenciales, de manera que la antena mantiene básicamente la misma operatividad y funcionalidad radioeléctrica en dichas bandas.

15.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la antena presenta un tamaño  
20 reducido comparado con una antena circular, cuadrada o triangular cuyo perímetro se pueda circunscribir a la estructura multinivel y que opere en la misma frecuencia (misma frecuencia de resonancia)..

25

16.- Antena multinivel, según la reivindicación 14, caracterizada porque el comportamiento multibanda le permite operar simultáneamente en varias frecuencias y ser compartida así por varios servicios o sistemas de  
30 comunicación.

17.- Antena multinivel, según la reivindicación 14, caracterizada porque se aplica en estaciones base de telefonía móvil, en terminales de comunicación

se monta perpendicularmente al plano de tierra en configuración tipo monopolo.

5 6.- Antena multinivel, según reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la estructura multinivel se monta paralelamente al plano de tierra en configuración de antena tipo parche o antena microstrip.

10 7.- Antena multinivel, según la reivindicaciones 5 y 6, caracterizada porque en antenas con configuración tipo parche el elemento multinivel constituye alguno de los elementos radiantes de una estructura parche o microstrip planar con parches parásitos en varios niveles.

15 8.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la estructura multinivel constituye: los dos brazos de una antena en configuración dipolo, parte de la antena en configuración coplanar, al menos una de las caras en una bocina piramidal.

20 9.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la estructura multinivel o su perímetro conforman la sección transversal de una antena tipo bocina cónica o piramidal.

25 10.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque el perímetro de la estructura multinivel determina la forma de al menos un bucle en una antena tipo espira.

30 11.- Antena multinivel, según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque puede formar parte de una agrupación (o array) de antenas.

REIVINDICACIONES

1.- Antena caracterizada por contener al menos una estructura multinivel que consiste en un conjunto de  
5 elementos poligonales o poliédricos de la misma clase (del mismo número de lados o caras) aunque no necesariamente del mismo tamaño, acoplados entre sí electromagnéticamente de manera que la zona de contacto entre los elementos no cubra la mayor parte del perímetro o área en al menos la  
10 mayoría de los polígonos o poliedros, de modo que la zona de contacto entre elementos sea inferior al 50% del perímetro o área en al menos el 75 % de los polígonos o poliedros, permitiendo de esta forma que en la estructura multinivel se sigan distinguiendo geométricamente la  
15 mayoría de los polígonos o poliedros que la constituyen.

2.- Antena multinivel, según la reivindicación 1, caracterizada porque la estructura multinivel está constituida exclusivamente por triángulos.  
20

3.- Antena multinivel, según la reivindicación 1, caracterizada porque la estructura multinivel está constituida exclusivamente por polígonos de una sola clase como son: polígonos de cuatro lados, pentágonos,  
25 hexágonos, heptágonos, octágonos, decágonos, dodecágonos, círculos o elipses, entre otros.

4.- Antena multinivel, según la reivindicación 1, caracterizada porque dicha estructura multinivel está constituida exclusivamente por poliedros, o por cilindros  
30 o por conos.

5.- Antena multinivel, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la estructura multinivel

-22-

No se considera necesario hacer más extenso el contenido de la presente descripción para que un experto en la materia pueda comprender su alcance y las ventajas que del mismo se derivan, así como llevar a cabo la  
5 realización práctica de la misma.

No obstante, puesto que lo descrito anteriormente corresponde solamente con una forma de ejecución preferida, se comprenderá que dentro de su esencialidad  
10 podrán introducirse múltiples variaciones de detalle, asimismo protegidas, que podrán afectar al conjunto o a sus partes, sin apartarse por ello del marco de la invención, y que en particular pueden estar referidas a la  
forma, el tamaño y/o los materiales utilizados en la  
15 fabricación del conjunto o de sus partes.



En la Figura 12 se muestra la relación de onda estacionaria (ROE) en ambas bandas: la figura 12.1 para la banda entre 1880 y 1930 MHz, y la figura 12.2 para la  
5 banda entre 3400 y 3600 MHz. En dichas gráficas se observa que la antena está bien adaptada, puesto que las pérdidas de retorno son inferiores a 14 dB, o lo que es lo mismo, ROE <1.5 en toda la banda de interés.

10 En la Figura 13 se muestran los diagramas de radiación típicos. Los diagramas (13.1), (13.2) y (13.3) a 1905 MHz medidos en el plano vertical, en el horizontal y en el plano de la antena, respectivamente. Y los diagramas (13.4), (13.5) y (13.6) a 3500 MHz medidos en el plano  
15 vertical, horizontal, y el de la antena, respectivamente.

Puede observarse un comportamiento omnidireccional en el plano horizontal, y un típico diagrama bilobular en el plano vertical, siendo la directividad típica de la antena  
20 superior a 4 dBi en la banda 1900 y 6 dBi en la banda de 3500.

Cabe destacar del funcionamiento de la antena, que el comportamiento es muy similar en ambas bandas (tanto en  
25 ROE como en diagrama), lo que la convierten en una antena multibanda.

Tanto la antena AM1 como la AM2, típicamente irán recubiertas de un radomo dieléctrico prácticamente  
30 transparente a la radiación electromagnética, cuya función será proteger el elemento radiante y la red de conexión de agresiones externas, además de proporcionarles un estético aspecto externo.

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°  
PCT/ ES 99/00296

## A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP<sup>6</sup> H01Q 1/36, 5/00

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

## B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP<sup>6</sup> H01Q

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, WPI, PAJ, CIBEPAT, INSPEC

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	ES 2112163 A (UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA) 16.03.1998, todo el documento	1,2,5,6,7,9,12,13,14,16,17,21
A	HOHLFELD, R.G. & COHEN, N. Self-Similarity and the geometric requirements for frequency independence in antennae. Fractals, Vol. 7, n° 1. Word Scientific. Marzo 1999. Páginas 79-84	
A	JAGGARD, D.L. Fractal electrodynamics and modeling. Directions in Electromagnetic Wave Modeling. Proceedings of the International Conference. Bertoni & Felsen. New York, U.S.A. 1991. Páginas 435-446	
A	US 4907011 A (KUO) 06.03.1990	
A	WO 9706578 A (FRACTAL ANTENNA SYSTEMS) 20.02.1997	

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo

\* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. 19 Noviembre 1999 (19.11.1999)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

16 DIC 1999 11.12.99

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.  
n° de fax +34 91 3495304

Funcionario autorizado

ENRIQUE ROLAN CISNEROS  
n° de teléfono + 34 91 3495496

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/ ES 99/00296

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
ES 2112163 A	16.03.1998	ES 2112163 B	16.11.1998
US 4907011A	06.03.1990	NONE	
WO 9706578 A	20.02.1997	EP 0843905 A	27.05.1998

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/ES 99/00296

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01Q 1/36. 5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, PAJ, CIBEPAT, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ES 2112163 A (UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA) 16 March 1998 (16.03.98), The whole document	1, 2, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 21
A	HOHLFELD, R.G. & COHEN, N. Self-Similarity and the geometric requirements for frequency independence in antennae. Fractals, Vol. 7, n° 1. Word Scientific. Marzo 1999. Pages 79-84	
A	JAGGARD, D.L. Fractal electrodynamics and modeling. Directions in Electromagnetic Wave Modeling. Proceedings of the International Conference. Bertoni & Felsen. New York, U.S.A. 1991. Pages 435-446	
A	US 4907011 A (KUO) 06 March 1990 (06.03.90)	
A	WO 9706578 A (FRACTAL ANTENNA SYSTEMS) 20 February 1997 (20.02.97)	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 November 1999 (19.11.99)

Date of mailing of the international search report  
16 December 1999 (16.12.99)

Name and mailing address of the ISA/ SPTO

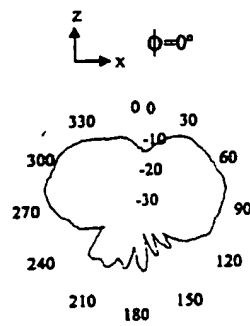
Authorized officer

Facsimile No.

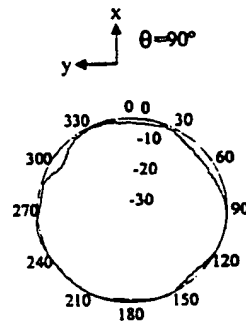
Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

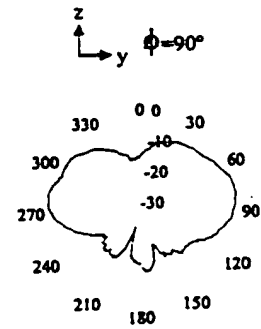
13/13

 $f=1905\text{ MHz}$ 

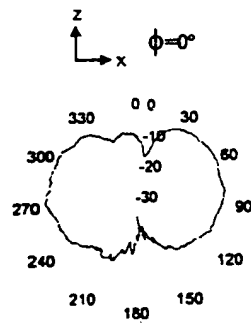
13.1



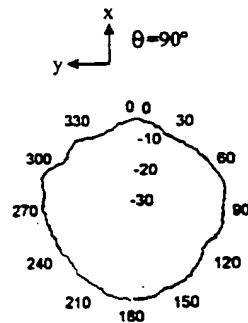
13.2



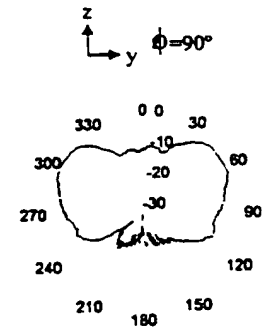
13.3

 $f=3500\text{ MHz}$ 

13.4



13.5



13.6

FIG. 13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**